

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-113442

(43)Date of publication of application : 21.04.2000

(51)Int.Cl.

G11B 5/66

(21)Application number : 10-288133

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 09.10.1998

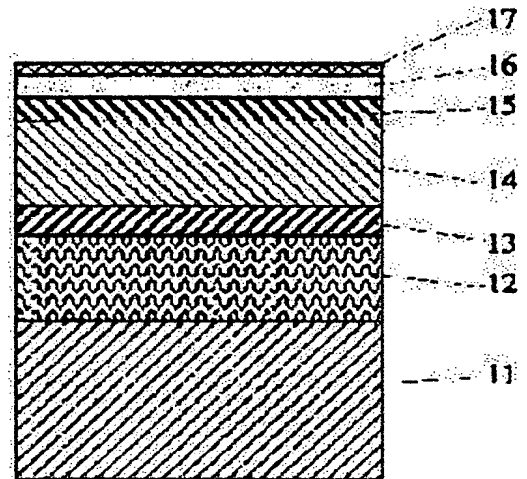
(72)Inventor : FUTAMOTO MASAOKI  
HIRAYAMA YOSHIYUKI  
INABA NOBUYUKI  
HONDA YUKIO  
YOSHIDA KAZUYOSHI  
TAKEUCHI TERUAKI

## (54) MAGNETIC RECORDING MEDIUM

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide intra-surface and perpendicular magnetic recording media improved in thermal fluctuation resistance so as to be suitable for high density magnetic recording.

**SOLUTION:** The magnetic recording medium is provided with magnetic films 13 and 15 having high magnetic anisotropic energy above and below a magnetic film 14 of a Co alloy system which is a main magnetic layer, by which the thermal fluctuation resistance of the intra-surface magnetic recording medium is improved. In the case of the perpendicular magnetic recording medium, the medium noise thereof is lessened, by which the magnetic recording medium having both of the thermal fluctuation resistance necessary for the high density magnetic recording above 10 Gb/in<sup>2</sup> and the low noise characteristic may be embodied.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 09.10.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3136133

[Date of registration] 01.12.2000

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-113442

(P2000-113442A)

(43) 公開日 平成12年4月21日 (2000.4.21)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

G 1 1 B 5/66

識別記号

F I

G 1 1 B 5/66

テーマコード(参考)

5 D 0 0 6

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平10-288133

(22) 出願日 平成10年10月9日 (1998.10.9)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 二本 正昭

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 平山 義幸

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74) 代理人 100091096

弁理士 平木 祐輔

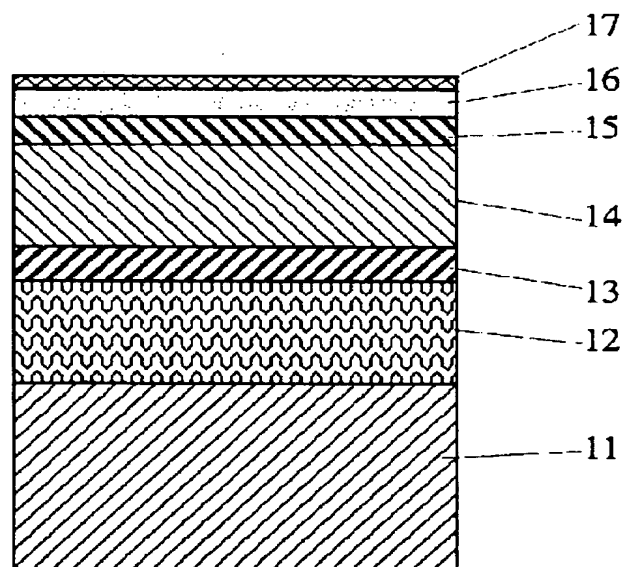
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 高密度磁気記録に適するように改良された面内及び垂直磁気記録媒体を提供する。

【解決手段】 主記録層であるCo合金系の磁性膜14の上下の高磁気異方性エネルギーをもつ磁性膜13、15を設けることにより、面内磁気記録媒体においては耐熱揺らぎ特性の改善を図り、垂直磁気記録媒体においては媒体ノイズを低減することにより、 $10\text{Gb/in}^2$ 以上の高密度磁気記録に必要な耐熱揺らぎ性と低ノイズ特性を合わせ持った磁気記録媒体を実現する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 非磁性基板と該非磁性基板上に下地膜を介して形成された磁性膜及び保護膜を備える磁気記録媒体において、前記磁性膜は少なくとも 3 層構造を有し、前記磁性膜の基板側の層と表面側の層の磁気異方性エネルギーが中間の層の磁気異方性エネルギーに比べて大きいことを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項 2】 請求項 1 記載の磁気記録媒体において、前記磁性膜は垂直磁化膜であることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項 3】 請求項 1 記載の磁気記録媒体において、前記磁性膜は面内磁化膜であることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項 4】 請求項 1～3 のいずれか 1 項記載の磁気記録媒体において、前記基板側の層の磁気異方性エネルギー  $K_u_b$ 、前記表面側の層の磁気異方性エネルギー  $K_u_s$ 、及び前記中間の層の磁気異方性エネルギー  $K_u_m$  の値が、 $3 \times 10^6 \text{ erg/cc} \leq K_u_b \leq 5 \times 10^7 \text{ erg/cc}$ 、 $3 \times 10^6 \text{ erg/cc} \leq K_u_s \leq 5 \times 10^7 \text{ erg/cc}$ 、 $1 \times 10^6 \text{ erg/cc} < K_u_m < 3 \times 10^6 \text{ erg/cc}$  の範囲にあることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項 5】 請求項 1～4 のいずれか 1 項記載の磁気記録媒体において、前記磁性膜が六方稠密構造を持つ Co 合金材料からなることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項 6】 請求項 1～4 のいずれか 1 項記載の磁気記録媒体において、前記基板側及び前記中間の層が六方稠密構造を持つ Co 合金材料からなり、前記表面側の層が Co もしくは Co 合金と Pt, Pd もしくはこれらの金属を主成分とする合金からなる積層多層膜からなることを特徴とする磁気記録媒体。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、高密度磁気記録に適する磁性膜を有する磁気記録媒体に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 現在実用化されている磁気ディスク装置は、面内磁気記録方式を採用している。面内磁気記録方式では、ディスク基板面と平行な方向に磁化し易い面内磁気記録媒体に、基板と平行な面内磁区を高密度に形成することが技術課題となっている。この面内磁気記録媒体の記録密度を伸ばすためには、保磁力を向上するとともに磁性膜厚を減少しなければならない。しかし、磁性膜厚を小さくしすぎると、熱の影響で記録磁化が減少したり、消失する問題に遭遇する。このような磁化の熱揺らぎによる影響が顕著になる磁性膜厚は、Co 合金系では 20 nm 以下とされている。

【0003】 一方、垂直磁気記録方式は、磁性膜厚が面内媒体の場合に比べて大きくとれるため、熱揺らぎに強くしかも高密度磁気記録に適した方式として注目され、

垂直磁気記録に適した媒体の構造などが提案されている。Co 合金系材料からなる垂直磁化膜によれば 300 KFCI 以上の高線記録密度が実現できることが報告されている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 面内磁気記録媒体において、Co 合金系磁性膜を用いた記録媒体の高密度化を進めた場合、これまでのトレンドを延長すると 10 Gb/in<sup>2</sup> 以上の記録密度を実現するためには磁性膜の厚さを 20 nm 以下にしなければならない見通しである。熱揺らぎの影響を防いで記録密度を向上するためには、磁性膜の磁気異方性エネルギーが Co 合金系材料に比べて高い Sm-Co, Pt-Co などの規則合金を代替材料として使用することが考えられる。しかし、磁気記録媒体としては、耐熱揺らぎ性に加えて、記録分解能、媒体ノイズ、耐食性などの他の条件も満足することが必要であり、Sm-Co, Pt-Co などの規則合金などでは必ずしもこれらの条件は実用に耐える段階に至っていない。

【0005】 また、垂直磁気記録媒体では、10 Gb/in<sup>2</sup> の記録密度を達成するためには、媒体ノイズの低減を図ることが必要になっている。このように、10 Gb/in<sup>2</sup> 以上の高密度磁気記録が可能な記録媒体としては、面内磁気記録媒体においては耐熱揺らぎ特性の向上が、垂直磁気記録媒体においては媒体ノイズの低減が必要である。本発明は、耐熱揺らぎ性に優れた面内磁気記録媒体及び低ノイズ化を図った垂直磁気記録媒体を提供し、これにより 10 Gb/in<sup>2</sup> 以上の高密度磁気記録再生装置の実現を容易ならしめることを目的とする。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】 面内磁気記録媒体の耐熱揺らぎ特性を詳細に調べた結果、磁性膜の一部に磁気異方性エネルギーの低い領域が形成され、この部分から記録磁化の劣化が進行することが判明した。従って、耐熱揺らぎ特性を改善するためには、この領域の形成を抑制することが効果的である。

【0007】 また、垂直磁気記録媒体の記録磁化状態を磁気力顕微鏡や走査型スピネlectron検出型顕微鏡によって調べた結果、大部分のノイズは媒体面に存在する逆磁区や磁化のミクロ的な揺らぎが原因であることが判明した。媒体ノイズを減らすためには、逆磁区を減らすとともに、媒体の表面もしくは裏表面に存在するミクロな磁化の揺らぎを減らすことが必要である。

【0008】 実験の結果、上記目的を達成するのに以下の方法を用いれば良いことが明らかになった。面内磁気記録及び垂直磁気記録において最も一般的に使用され、また検討されている媒体の磁性膜材料は六方稠密 (hcp) 構造を持つ Co 合金材料である。Co 合金系面内磁気記録媒体において、磁気異方性エネルギーが低い領域は膜の下層もしくは上層の界面近傍に存在する。すなわ

ち、磁性膜の成長初期層に相当する下層部分には結晶性の劣った領域が存在し、かつ上層表面は起伏が存在したり、磁性膜を構成する元素の偏析減少によって生じた磁気異方性エネルギーの小さい領域が存在することが明らかになった。下層部分に存在する結晶性の劣った領域の磁気異方性エネルギーも減少していることが確認された。

【0009】本発明では、改良された媒体構造を提供するため、磁性膜が少なくとも3層からなる磁性膜を採用することによって、上記の問題を解決するものである。ここで下層（基板側）と上層（表面側）の磁性膜の磁気異方性エネルギー（基板側： $K_{ub}$ 、表面側： $K_{us}$ ）を中間の磁性層の磁気異方性エネルギー（ $K_{um}$ ）に比べて大きくするものである。

【0010】また、垂直磁気記録媒体の主なノイズ要因は、磁性膜に形成される逆磁区であることが明らかになった。この原因は、垂直磁化膜を一方に垂直磁化すると媒体表面には強い反磁界が作用し、この反磁界の作用で、垂直磁化した方向とは逆の向きを持つ、いわゆる逆磁区が形成されるものである。この逆磁区の形成は、磁性膜の表面側だけでなく裏面側からも同様に生ずる。この逆磁区の形成を妨げるためには、磁気異方性エネルギーの高い垂直磁化膜を採用する必要がある。磁気異方性エネルギーとして、 $3 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ 以上あることが望ましい。しかし、磁性膜全体を高い磁気異方性エネルギーを持つ材料で構成すると、媒体ノイズが大きくなったり、あるいは媒体保磁力が大きくなりすぎて記録ヘッドでの記録が困難になるといった問題が生ずる。

【0011】そこで本発明では、先の面内媒体と同様に、磁性膜が少なくとも3層からなる磁性膜を採用することによって、上記の問題を解決するものである。ここで下層（基板側）と上層（表面側）の磁性膜の磁気異方性エネルギー（基板側： $K_{ub}$ 、表面側： $K_{us}$ ）を中間の磁性層の磁気異方性エネルギー $K_{um}$ に比べて大きくするものである。 $K_{ub}$ 、 $K_{us}$ の望ましい範囲は $3 \times 10^6 \text{ erg/cc} \leq K_{ub} \leq 5 \times 10^7 \text{ erg/cc}$ 、 $3 \times 10^6 \text{ erg/cc} \leq K_{us} \leq 5 \times 10^7 \text{ erg/cc}$ である。 $3 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ 以下では、逆磁区の形成を妨げることが困難になり、また、 $5 \times 10^7 \text{ erg/cc}$ を越えると記録ヘッドによる記録が困難になったり、媒体ノイズが増大するという望ましくない効果が生ずる。

【0012】中間の磁性層の磁気異方性エネルギー $K_{um}$ の値としては、 $1 \times 10^6 \text{ erg/cc} < K_{um} < 3 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ の範囲が適当である。これは低ノイズ特性を持つCo合金系磁性膜の典型的な値であり、実用的にも使い易い範囲となっている。磁気異方性エネルギーの値は磁性膜の組成に依存するため、単層の磁性膜を形成してこの磁気トルク特性を測定することによって決定できる。正確な値を求めるためには、それぞれの組

成からなる磁性膜の単結晶膜を形成して、その磁気トルク曲線から磁気異方性エネルギーの値を求める方法を探るのが適当である。

【0013】面内磁気記録媒体においても、それぞれの磁性膜の磁気異方性エネルギー範囲は上記の垂直磁気記録媒体と同様に設定すれば、目的の効果が得られることを確認した。ここで、下層側に設ける磁気異方性エネルギーの高い磁性膜層は、中間の層に用いるCo合金磁性膜と同様な結晶構造であるhcp構造を持つ方が望ましい。これは、媒体を構成する磁性膜は多結晶膜であるが、多結晶膜を構成する個々の磁性結晶粒は下地膜とのエピタキシャル成長によって成長するため、磁性結晶粒が下層と中間層で連続して成長するためには同一の結晶構造を持つ方が望ましいからである。これに対し、上層に設ける磁気異方性エネルギーの高い膜は必ずしもhcp構造を用いる必要はない。Co合金以外のPt/Co、Pd/Coなどの多層膜からなる垂直磁化膜、あるいはTbFeCoなどの希土類元素を含む非晶質構造を持つ垂直磁化膜は、磁気異方性エネルギーがいずれも $3 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ 以上であるが、このような膜を用いることも可能である。

【0014】磁性層の厚さとしては、面内磁気記録媒体においては $10 \text{ Gb/in}^2$ 以上の記録密度を実現するためには、磁性膜の総厚は5～25nmの範囲が適当である。上層及び下層の厚さはそれぞれ少なくとも1nmは必要であり、上層と下層の合計は中間層の厚さより小さい方が望ましい。垂直磁気記録媒体においては、 $10 \text{ Gb/in}^2$ 以上の記録密度を実現するためには磁性膜の総厚は10～50nmの範囲が適当である。この場合も、上層及び下層の厚さはそれぞれ少なくとも1nmは必要であり、上層と下層の合計は中間層の厚さより小さい方が望ましい。

#### 【0015】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。図1は、本発明による磁気記録媒体の構成を示す断面模式図である。非磁性基板11の上に、磁性膜の結晶配向や磁性結晶粒径の制御を行うための下地膜12が形成される。下地膜12は2層以上の多層膜として形成されることもある。また、垂直磁気記録媒体においては、下地膜全体もしくは一部に軟磁性膜が設けられることもある。磁性膜は下層磁性膜13、中間磁性膜14、及び上層磁性膜15の少なくとも3層からなり、それぞれの磁気異方性エネルギーの関係は、 $3 \times 10^6 \text{ erg/cc} < K_{ub}$ 、 $K_{us} < 5 \times 10^7 \text{ erg/cc}$ 、 $1 \times 10^6 \text{ erg/cc} < K_{um} < 3 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ となっている。ここに磁気異方性エネルギー値は、基板側： $K_{ub}$ 、表面側： $K_{us}$ 、中間の層： $K_{um}$ である。上層磁性膜15の上には保護膜16及び潤滑膜17が形成される。

#### 【0016】

【実施例】以下、本発明を実施例により詳細に説明する。

【実施例 1】直径 2.5 インチのガラス基板を用いて、直流マグネトロンスパッタ法によって、図 1 に示す断面構造を持つ面内磁気記録媒体を作製した。基板 11 上に、下地層 12、下層磁性膜 13、中間磁性膜 14、上層磁性膜 15、及び保護膜 16 をこの順序で形成した。下地用には  $\text{Cr}-10\text{at}\%\text{Ti}$  ターゲット、下層磁性膜用に  $\text{Co}-5\text{at}\%\text{Cr}-8\text{at}\%\text{Pt}$  ターゲット、中間磁性膜用に  $\text{Co}-17\text{at}\%\text{Cr}-5\text{at}\%\text{Pt}-3\text{at}\%\text{Ta}$  ターゲット、上層磁性膜用に  $\text{Co}-5\text{at}\%\text{Cr}-8\text{at}\%\text{Pt}$  ターゲット、保護膜用にカーボンターゲットを用いた。スパッタの  $\text{Ar}$  ガス圧力を  $3\text{mTorr}$ 、スパッターパワー  $10\text{W}/\text{cm}^2$ 、基板温度  $250^\circ\text{C}$  の条件で  $\text{CrTi}$  膜を  $30\text{nm}$ 、下層磁性膜を  $2\text{nm}$ 、中間磁性膜を  $16\text{nm}$ 、上層磁性膜を  $2\text{nm}$ 、カーボン膜を  $10\text{nm}$  の厚さ形成した。潤滑膜としてパーフロロポリエーテル系の膜を塗布した。それぞれの磁性膜の磁気異方性エネルギー値は、 $\text{Cr}-10\text{at}\%\text{Ti}$

下地上にそれぞれの磁性膜を  $20\text{nm}$  の膜厚形成した試料の磁気トルク曲線から算出した。

【0017】比較試料として、下層及び中間層それぞれ単独の  $20\text{nm}$  厚の磁性膜からなる面内磁気記録媒体を作製した。これらの磁気記録媒体の保磁力  $H_c$  と記録再生特性の評価を、それぞれ振動型磁力計 (VSM)、磁気トルク計、記録再生分離型の磁気ヘッドを用いて行なった。記録ヘッドのギャップ長は  $0.2\mu\text{m}$ 、再生用のスピンドルヘッドのシールド間隔は  $0.2\mu\text{m}$ 、測定時のスペーシングは  $0.04\mu\text{m}$  とした。記録密度は低周波の再生出力の半分になる出力半減記録密度  $D_{50}$  を測定し、 $20\text{kFCI}$  の磁気記録を行なった場合のシグナルとノイズの比率  $S/N$  は、比較試料の  $S/N$  に対する相対値で示した。 $300\text{kFCI}$  の磁気記録信号の安定性は、記録直後の再生出力  $S_{t=0}$  と  $100$  時間後の再生出力  $S_{t=100}$  の比 ( $S_{t=100}/S_{t=0}$ ) として評価した。これらの結果を表 1 に示す。

【0018】

【表 1】

	本発明	比較例	
下地層	$\text{Cr-Ti}(30\text{nm})$	$\text{Cr-Ti}(30\text{nm})$	$\text{Cr-Ti}(30\text{nm})$
下層磁性膜	$\text{CoCr}_5\text{Pt}_8(2\text{nm})$	$\text{CoCr}_5\text{Pt}_8(20\text{nm})$	—
$K u_h$	$3.5 \times 10^6 \text{ erg/cc}$	$3.5 \times 10^6 \text{ erg/cc}$	
中間磁性膜	$\text{CoCr}_{15}\text{Pt}_6\text{Ta}_3(16\text{nm})$	—	$\text{CoCr}_{16}\text{Pt}_6\text{Ta}_3(20\text{nm})$
$K u_m$	$1.8 \times 10^6 \text{ erg/cc}$		$1.8 \times 10^6 \text{ erg/cc}$
上層磁性膜	$\text{CoCr}_5\text{Pt}_8(2\text{nm})$	—	—
$K u_s$	$3.5 \times 10^6 \text{ erg/cc}$		
保磁力 $H_c$	$2.8\text{kOe}$	$1.8\text{kOe}$	$2.7\text{kOe}$
記録密度 $D_{50}$	$230\text{kFCI}$	$120\text{kFCI}$	$225\text{kFCI}$
$S/N$ (相対値)	1	0.2	1
信号安定性	0.99	0.99	0.75

【0019】本実施例の磁気記録媒体は、比較例に比べて  $D_{50}$ 、 $S/N$  及び記録信号の安定性の点でバランスがとれており、高密度磁気記録媒体として望ましいことがわかった。本実施例で作製した磁気記録媒体を用いて、再生素子としてスピンドルヘッドを用いた 2.5 インチの磁気記録再生装置を作製した。面記録密度  $12\text{Gb}/\text{in}^2$  の条件でエラーレート  $10^{-9}$  が確保でき、超高密度記録再生装置として動作することを確認した。

【0020】【実施例 2】直径 2.5 インチのシリコン基板を用いて、直流マグネトロンスパッタ法によって、図 2 に示す断面構造を持つ垂直磁気記録媒体を作製した。基板 21 上に、第 1 下地層 22、第 2 下地層 23、下層垂直磁化膜 24、中間垂直磁化膜 25、上層垂直磁化膜 26、保護膜 27 をこの順序で形成した。第 1 下地用には  $\text{Ti}-10\text{at}\%\text{Cr}$  ターゲット、第 2 下地用には  $\text{Co}-35\text{at}\%\text{Cr}$  ターゲット、下層垂直磁化膜用に  $\text{Co}-5\text{at}\%\text{Cr}-8\text{at}\%\text{Pt}$  ターゲット、中間

垂直磁化膜用に  $\text{Co}-16\text{at}\%\text{Cr}-8\text{at}\%\text{Pt}-3\text{at}\%\text{Ta}$  ターゲット、上層垂直磁化膜用に  $\text{Co}$  と  $\text{Pt}$  のターゲット、保護膜用にカーボンターゲットを用いた。スパッタの  $\text{Ar}$  ガス圧力を  $3\text{mTorr}$ 、スパッターパワー  $10\text{W}/\text{cm}^2$ 、基板温度  $280^\circ\text{C}$  の条件で  $\text{TiCr}$  膜を  $15\text{nm}$ 、 $\text{CoCr}$  膜を  $10\text{nm}$ 、下層垂直磁化膜を  $2\text{nm}$ 、中間垂直磁化膜を  $24\text{nm}$ 、上層垂直磁化膜である  $\text{Co}/\text{Pt}$  多層膜を  $4\text{nm}$ 、カーボン膜を  $7\text{nm}$  の厚さ形成した。ここで上層垂直磁化膜である  $\text{Co}/\text{Pt}$  多層膜は、 $\text{Co}$ 、 $\text{Pt}$  ターゲットを交互に用いてそれぞれ  $1\text{nm}$  の厚さずつ 2 サイクル形成し、合計  $4\text{nm}$  厚の垂直磁化膜を作製し、図 2 に断面構造を示す垂直磁気記録媒体を形成した。

【0021】比較試料として、下層垂直磁化膜、中間垂直磁化膜及び上層垂直磁化膜それぞれ単独の膜を下地上に厚さ  $30\text{nm}$  を設けた以外は同様の構造の磁気記録媒体を作製した。これらの垂直磁気記録媒体の保磁力  $H_c$

と記録再生特性の評価を、それぞれ振動型磁力計 (VSM)、磁気トルク計、記録再生分離型の磁気ヘッドを用いて行なった。記録ヘッドのギャップ長は  $0.2\ \mu\text{m}$ 、再生用の巨大磁気抵抗効果型 (GMR) ヘッドのシールド間隔は  $0.15\ \mu\text{m}$ 、測定時のスペーシングは  $0.04\ \mu\text{m}$  とした。記録密度は低周波の再生出力の半分になる出力半減記録密度 ( $D_{50}$ ) を測定し、 $20\ \text{kFCI}$  の磁気記録を行なった場合のシグナルとノイズの比率  $S/N$

N は、本発明の試料の  $S/N$  に対する相対値で示した。 $300\ \text{kFCI}$  の磁気記録信号の安定性は、記録直後の再生出力  $S_{t=0}$  と  $100$  時間後の再生出力  $S_{t=100}$  の比 ( $S_{t=100}/S_{t=0}$ ) として評価した。これらの結果を表 2 に示す。

【0022】

【表 2】

	本発明	比較例		
下地層	Ti-Cr(15nm) Co-Cr(10nm)	Ti-Cr(15nm) Co-Cr(10nm)	Ti-Cr(15nm) Co-Cr(10nm)	Ti-Cr(15nm) Co-Cr(10nm)
下層磁性膜	CoCr <sub>5</sub> Pt <sub>5</sub> (2nm)	CoCr <sub>5</sub> Pt <sub>5</sub> (30nm)	—	—
$Ku_b$	$3.5 \times 10^6\ \text{erg/cc}$	$3.5 \times 10^6\ \text{erg/cc}$		
中間磁性膜	CoCr <sub>16</sub> Pt <sub>5</sub> Ta <sub>3</sub> (24nm)	—	CoCr <sub>16</sub> Pt <sub>5</sub> Ta <sub>3</sub> (30nm)	—
$Ku_m$	$1.7 \times 10^6\ \text{erg/cc}$		$1.7 \times 10^6\ \text{erg/cc}$	
上層磁性膜	Co/Pt(4nm)	—	—	Co/Pt(30nm)
$Ku_s$	$3 \times 10^7\ \text{erg/cc}$			$3 \times 10^7\ \text{erg/cc}$
保磁力 $H_c$	2.9 kOe	1.4 kOe	2.6 kOe	5.8 kOe
記録密度 $D_{50}$	280 kFCI	160 kFCI	230 kFCI	記録不能
$S/N$ (相対値)	1	0.1	0.43	測定不能
信号安定性	1.00	1.00	1.00	測定不能

【0023】本実施例の磁気記録媒体は、比較例に比べて  $D_{50}$ 、 $S/N$ 、信号安定性の全ての特性が高密度磁気記録媒体として望ましいものであり、特にノイズが減少した結果、 $S/N$  が改善されている。本実施例で作製した磁気記録媒体を用いて、再生素子に GMR ヘッドを用いた  $2.5$  インチの磁気記録再生装置を作製した。面記録密度  $20\ \text{Gb/in}^2$  の条件でエラーレート  $10^{-9}$  が確保でき、超高密度記録再生装置として動作することを確認した。

【0024】また、上層磁性膜として Co/Pt 多層膜の代わりに同じ厚さと膜構成の Co/Pd 多層膜 ( $Ku = 1.2 \times 10^7\ \text{erg/cc}$ ) もしくは CoCr<sub>5</sub>Pt<sub>5</sub> (4nm) 磁性膜を用いた場合も、ノイズが大幅に低減し高密度磁気記録媒体として望ましい特性を示すことを確認した。

【0025】〔実施例 3〕実施例 2 で試作した垂直磁気記録媒体において、下層垂直磁化膜と上層垂直磁化膜を CoCr<sub>5</sub>Pt<sub>5</sub> (2nm) とし、中間の垂直磁化膜を CoCr<sub>x</sub>Ta<sub>4</sub> (26nm) として Cr 組成を  $5 \sim 20\ \text{at}\%$  の範囲で変えた媒体試料を作製した。比較試料として、中間の垂直磁化膜のみで  $30\ \text{nm}$  の記録磁性膜を作製した垂直磁気記録媒体を作製した。CoCr<sub>x</sub>Ta<sub>4</sub> (26nm) 膜の飽和磁化と磁気異方性エネルギーの Cr 組成依存性及びこれらの垂直磁化膜の保磁力 ( $H_c$ )、媒体  $S/N$  の測定結果をそれぞれ図 3、図 4、図 5 に示す。

【0026】高密度磁気記録媒体として望ましい高い保磁力と高い媒体  $S/N$  を示す領域は、中間の垂直磁化膜の磁気異方性エネルギー  $Ku_m$  の値が  $1 \times 10^6\ \text{erg/cc} < Ku_m < 3 \times 10^6\ \text{erg/cc}$  の範囲にあることが明らかになった。 $Ku_m < 1 \times 10^6\ \text{erg/cc}$  では高密度磁気記録に必要な  $2\ \text{kOe}$  以上の保磁力が得難くなり、また  $3 \times 10^6\ \text{erg/cc} < Ku_m$  ではノイズが増大して  $10\ \text{Gb/in}^2$  以上の記録密度に必要な媒体ノイズが得られなくなった。また  $Ku_m$  が大きくなりすぎると、下層と上層のより磁気異方性エネルギーの高い磁性膜を設ける効果も低減することが分かった。

【0027】

【発明の効果】本発明によれば、磁気記録媒体の耐熱揺らぎ安定性を確保し、しかも媒体ノイズを低減することができ、磁気ディスク装置の高密度化が可能となる、特に  $10\ \text{Gb/in}^2$  以上の高密度磁気記録が可能となり、装置の小型化や大容量化が容易になる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施例の磁気記録媒体の断面図。

【図 2】本発明の実施例の磁気記録媒体の断面図。

【図 3】本発明の Co 合金系磁性膜の Cr 組成と飽和磁化及び磁気異方性エネルギーの関係を示す図。

【図 4】本発明の垂直磁気記録媒体の保磁力と Cr 組成の関係を示す図。

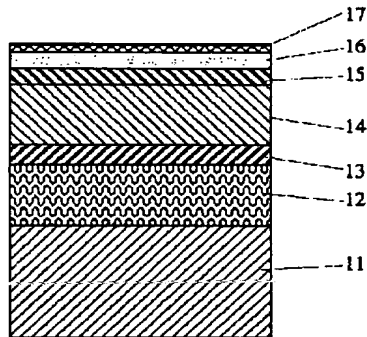
【図 5】本発明の垂直磁気記録媒体の  $S/N$  と Cr 組成の関係を示す図。

## 【符号の説明】

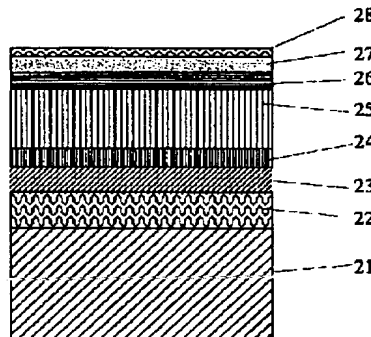
11…基板、12…下地層、13…下層磁性膜、14…中間磁性膜、15…上層磁性膜、16…保護膜、17…

潤滑膜、21…基板、22…第1下地層、23…第2下地層、24…下層垂直磁化膜、25…中間直磁化膜、26…上層垂直磁化膜、27…保護膜、28…潤滑膜

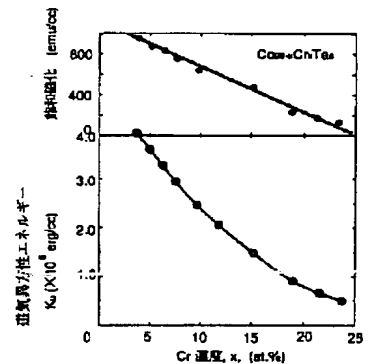
【図1】



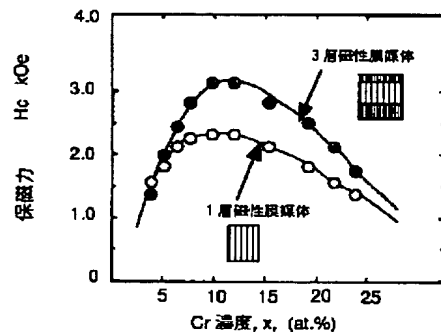
【図2】



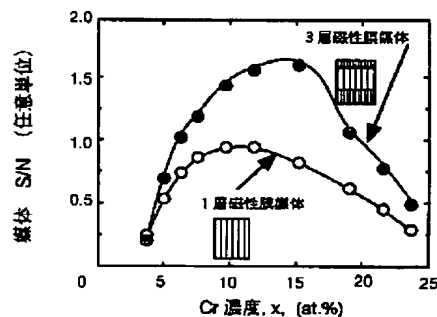
【図3】



【図4】



【図5】



## 【手続補正書】

【提出日】平成11年7月29日（1999. 7. 29）

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 非磁性基板と該非磁性基板上に下地膜を介して形成された磁性膜及び保護膜を備える磁気記録媒体において、前記磁性膜は少なくとも3層構造を有し、前記磁性膜の基板側の層と表面側の層の磁気異方性エネルギーが中間の層の磁気異方性エネルギーに比べて大きいことを特徴とする磁気記録媒体（前記磁性膜の各層の磁気異方性エネルギーは、それぞれの単層の磁性膜を形成してその磁気トルク特性を測定することによって決定する）。

【請求項2】 請求項1記載の磁気記録媒体において、

前記磁性膜は垂直磁化膜であることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項3】 請求項1記載の磁気記録媒体において、前記磁性膜は面内磁化膜であることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項4】 請求項1～3のいずれか1項記載の磁気記録媒体において、前記基板側の層の磁気異方性エネルギー $K_{u_b}$ 、前記表面側の層の磁気異方性エネルギー $K_{u_s}$ 、及び前記中間の層の磁気異方性エネルギー $K_{u_m}$ の値が、 $3 \times 10^6 \text{ erg/cc} \leq K_{u_b} \leq 5 \times 10^7 \text{ erg/cc}$ 、 $3 \times 10^6 \text{ erg/cc} \leq K_{u_s} \leq 5 \times 10^7 \text{ erg/cc}$ 、 $1 \times 10^6 \text{ erg/cc} < K_{u_m} < 3 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ の範囲にあることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項5】 請求項1～4のいずれか1項記載の磁気記録媒体において、前記磁性膜が六方稠密構造を持つCo合金材料からなることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項6】 請求項1～4のいずれか1項記載の磁気

記録媒体において、前記基板側及び前記中間の層が六方稠密構造を持つCo合金材料からなり、前記表面側の層がCoもしくはCo合金とPt, Pdもしくはこれらの

金属を主成分とする合金からなる積層多層膜からなることを特徴とする磁気記録媒体。

---

フロントページの続き

(72)発明者 稲葉 信幸  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内  
(72)発明者 本多 幸雄  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 吉田 和悦  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内  
(72)発明者 竹内 輝明  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内  
Fターム(参考) 5D006 BB01 BB07 BB08 DA03 DA06  
FA09